

## TINJAUAN KINERJA HIDRAULIK BANGUNAN PEREDAM ENERGI PADA SALURAN PEMBUANG DI PLTU PUNAGAYA JENEPONTO

Andi Muhammad Subhan<sup>1)</sup>, Abdul Rivai Suleman<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

The surface discharge of thermal effluent from power plants into water bodies would result in harmful impacts on aquatic ecosystems. To reduce the negative impacts on water body due to the high discharge velocities, surface discharge needs to be equipped with dissipation structure that reduces the flow kinetic energy. In this study, the momentum and energy principles are used to derive an equation that expresses hydraulic jump, associated specific energy and force-momentum. Review of dissipation structure performance in this paper can be used to determine the standardized designs of stilling basin. Result shows that with Froude number of 3.13, each irregular oscillation produces a large wave which may travel to downstream. It was proposed to use the USBR Type IV with an angel of 10° related to the axis for diminishing the effect of oscillating jumps. This dissipation structure has succeeded to reduce the flow kinetic energy into water body.

**Keywords:** *Surface discharge, Hydraulics jump, Energy dissipation*

### 1. PENDAHULUAN

Pengaliran buangan panas (*thermal effluent*) dari pembangkit listrik tenaga panas (PLTU) ke dalam badan air (*Sungai, Danau dan Laut*) berdampak pada ketersediaan sumber daya air (*water resources*) dan ekosistem akuatik (*aquatic ecosystems*) (Shawky, 2012). Kondisi ini akan diperparah seiring dengan pertumbuhan penduduk (*population growth*) dan aktifitas manusia (*human lifestyles*) yang membutuhkan banyak energi listrik. Disisi lain, hampir seluruh pembangkit energi listrik (*power plant*) menggunakan banyak air (*water intensive*) sebagai media pembangkitan.

Masalah yang ada pada pembangkit listrik tenaga panas (PLTU) adalah pada sistem sirkulasi air (*circulation water system*) yang dimulai dengan pengambilan dari badan air (sungai, Danau dan Laut) untuk kondensor turbin, dan kemudian berfungsi media pengantar (*vehicle*) dimana panas dilepas dari siklus uap panas (*steam cycle*) kemudian kembali ke badan air (El-Wakil, 1984). Hasil buangan panas masih memiliki suhu yang tinggi berkisar 40 – 60 % dari siklus uap panas dan energi kinetik pengaliran (*flow kinetic energy*) pada bangunan pembuang (*outlet*) (Martin, 2014). Menurut Baur, 2008, Desain struktur hidraulik bangunan pembuang dapat mempengaruhi kondisi hidrolik arus pasang surut. Model distribusi kecepatan pelepasan yang menyerupai aliran jet ke dalam air penerima dapat menyebabkan perubahan pola arus setempat. Oleh karena itu, hidraulik bangunan pembuang harus didesain untuk menyesuaikan kecepatan pelepasan ke air penerima.

Pada PLTU Punagaya Jeneponto yang terletak dipinggir pantai, sistem sirkulasi air pada pembangkit memanfaatkan air laut dengan menggunakan metode pengaliran sekali (*Once-through method*) dengan sistem pengaliran permukaan (*surface discharge*). Sistem ini menggunakan serangkaian bangunan saluran pendingin (*cooling waterways*) berupa pintu pengatur (*intake*), saluran pembawa (*channel*) dan bangunan pembuang (*outlet*). Bangunan-bangunan keairan ini (*hydraulic structures*) berfungsi untuk mengurangi energi aliran dan buangan panas. Metode ini adalah yang paling sederhana, namun membutuhkan banyak air dan membahayakan lingkungan (*environmental harmful*).

Urgensi penelitian ini adalah melihat efektifitas dan kinerja hidraulik bangunan pembuang (*outlet structure*), sehingga dampak kerusakan lingkungan perairan yang ditimbulkan dapat dikurangi. Memberikan solusi pemilihan alternative tipe kolam olak (*stilling basin*) yang dapat mengurangi energi kinetik pengaliran panas buangan.

Studi sebelumnya telah banyak dilakukan untuk menunjang penelitian ini adalah oleh Baur et al, 2008, Lokasi dan desain bangunan pengambilan dan bangunan pembuang untuk pembangkit listrik pada pantai Jerman Berikutnynya adalah Shawki et al, 2013, Desain hidraulik dan aspek lingkungan bangunan peredam energi pembangkit listrik tenaga panas. Rashwan et al, 2012, Solusi analitik terhadap masalah

<sup>1</sup> Korespondensi : Andi Muhammad Subhan, Telp 09124187502, [andi.msubhan@poliupg.ac.id](mailto:andi.msubhan@poliupg.ac.id)

loncatan hidrolik pada saluran segitiga. Adapun kaitan antara hasil penelitian yang dilaksanakan dengan proposal yang akan diajukan adalah pada kinerja hidrolik bangunan peredam energi terhadap pengurangan suhu dan aliran energi kinetik pada bangunan pembuang pembangkit listrik tenaga panas Punagaya Jeneponto.

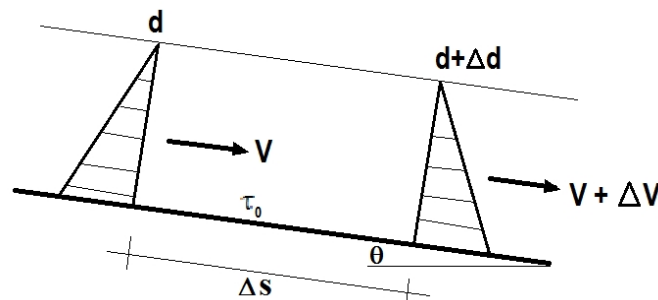
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan pada PLTU Punagaya di Kabupaten Jeneponto. Pengolahan data pasang menggunakan metode Admiralty dengan data pengukuran muka air laut 15 hari. Dimensi bangunan pembuang (outlet) berdasarkan gambar desain eksisting. untuk mendapatkan elevasi muka air di hilir (tail water). Data debit buangan didapatkan dari volume Data Laporan Pengolahan Limbah Buangan (waste water treatment report).

### Persamaan Momentum

Hukum gerak Newton digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan persamaan momentum untuk volume control. Gaya yang bekerja pada volume control adalah gaya permukaan (surface force), seperti tekanan dan gaya geser yang bekerja pada permukaan control. Dan gaya volume atau gravitasi yang bekerja pada pusat massa dari volume control.

$$\sum \vec{F} = \frac{D}{Dt} (M \times \vec{V}) = \frac{\partial}{\partial t} \left( \int_{cv} \rho \vec{V} dVolume \right) + \int_{cs} \rho \vec{V} \vec{V} dArea \quad \text{Pers.1-1}$$



Gambar 1. Persamaan momentum yang bekerja pada volume control

Dengan asumsi aliran mantap (steady flow) perubahan persamaan momentum menjadi:

$$\int_{cv} \rho V \frac{dV}{ds} = \rho A \Delta s V \frac{\Delta V}{\Delta s} \quad \text{Pers.1-2}$$

Dimana :  $V$ : kecepatan aliran rata-rata  
 $\rho V$  : momentum per unit volume

Integrasi persamaan Navier Stoke untuk satu dimensi aliran mantap pada saluran terbuka adalah:

$$\underbrace{\rho A V \Delta V}_A = + \underbrace{\rho g A \Delta s \sin \theta}_B - \underbrace{\rho g d \Delta d B \cos \theta}_C - \underbrace{\tau_0 P_w \Delta s}_D \quad \text{Pers.1-3}$$

Dimana: A : Gradien fluks momentum  
 B : Gaya gravitasi/energy potensial  
 C : Tekanan pada aliran  
 D : Gaya geser

### Penerapan Persamaan Momentum

Persamaan momentum dapat disederhanakan, perubahan fluks momentum adalah penjumlahan dari semua gaya-gaya (gaya volume dan gaya permukaan) yang bekerja pada volume control.

$$\sum F_s = \rho_2 A_2 V_2 V_{s2} - \rho_1 A_1 V_1 V_{s1} \quad \text{Pers.1-4}$$

Dengan memasukkan persamaan kontinuitas untuk aliran tidak mampat dan mantap :

$$\sum F_s = \rho Q(V_{s2} - V_{s1}) \quad \text{Pers.1-5}$$

### Persamaan Energi

Dari hukum I thermodynamika sebuah system menjelaskan bahwa netto energy (panas dan potensial) yang dimasukkan ke dalam system sama dengan peningkatan dalam system energy ditambah dengan energy yang meninggalkan system sebuah kerja.

$$\frac{DE}{Dt} = \frac{\Delta Q_h}{\Delta t} - \frac{\Delta W_t}{\Delta t} \quad \text{Pers.1-6}$$

Dimana: E : Total energy sebuah system  
 $\Delta Q_h$  : panas/potensial yang dipindahkan ke system  
 $\Delta W_t$  : Kerja yang dilakukan oleh system

Untuk saluran persegi dengan memasukkan persamaan kontinuitas dan energy spesifik maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E = d + \frac{Q^2}{2gd^2B^2} \quad \text{Pers.1-7}$$

### Bilangan Froude

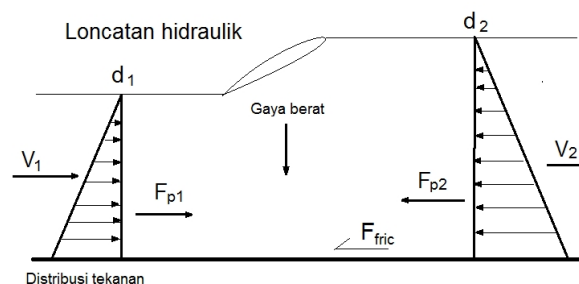
Bilangan Froude (Froude number) adalah parameter tak berdimensi untuk menjelaskan regime aliran dan persamaan energy dan momentum dapat dikaitkan dengan bilangan Froude (Chadwick, A et al 2006) dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gd_{charac}}} = \sqrt{\frac{\rho V^2 A}{\rho g AL}} \Rightarrow \sqrt{\frac{\text{Gayainersia}}{\text{berat}}} \quad \text{Pers.1-8}$$

### Loncatan Hidraulik

Dalam saluran terbuka, aliran (flow) dapat berubah secara tiba-tiba dari subkritis menjadi superkritis atau sebaliknya. Loncatan hidraulik adalah transisi dari aliran cepat atau superkritis (rapid flow) menjadi aliran lambat atau subkritis (slow flow), atau dimekanisme disipasi kuat.

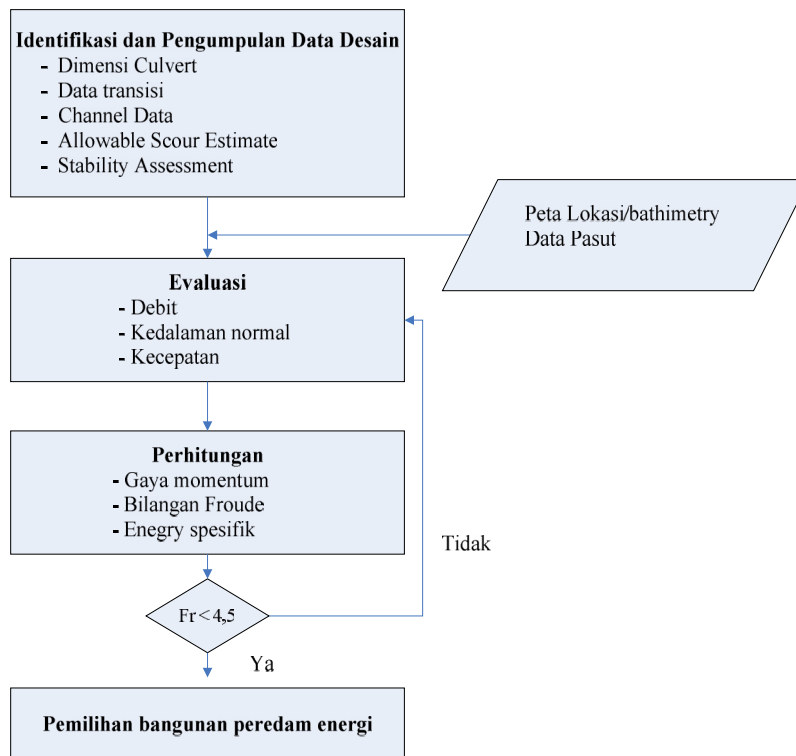
$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 + \frac{2Q^2}{gd_1B^2}} - \frac{d_1}{2} \quad \text{Pers.1-9}$$



Gambar 2. Penerapan persamaan Momentum dan Loncatan hidraulik

### Kolam Olak

Desain hidraulik dari kolam Olak (Stilling Basin) harus memastikan keamanan disipasi dari aliran energi kinetik untuk meminimalkan laju energy disipasi dan untuk mengurangi ukuran (biaya) struktur (Chanson, 2004). Dalam praktek, disipasi energy dengan loncatan hidraulik dalam kolam olak dibantu dengan beberapa struktur, misalkan blok penghala (Baffle blocks) atau ambang (sill) yang ditempatkan pada apron kolam olak. Beberapa desain dari kolam olak sudah distandarisasi yang dikembangkan pada tahun 1950-1960 (Chow and Hager, 1973).

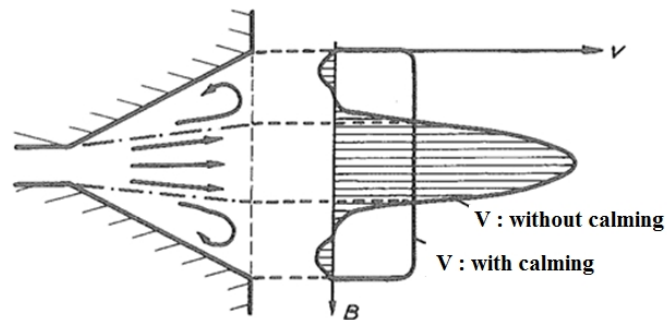


Gambar 3. Diagram Alir Pemilihan bangunan peredam energi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bangunan pembuang eksisting adalah jenis got miring tanpa kolam disipasi dengan sudut bukaan sayap  $6,6^\circ$  kurang dari  $10^\circ$  dan tidak dilengkapi bangunan dinding peralihan (tranverse wall). Menurut Baur, 2008, bangunan pembuang yang tidak dilengkapi bangunan peredam akan memperpanjang jarak campur antara buangan panas dengan lingkungan perairan (initial mixing), hal ini dapat digambarkan dari foto sebagai berikut:

Gambar 4. Jarak campur buangan panas (*initial mixing*)



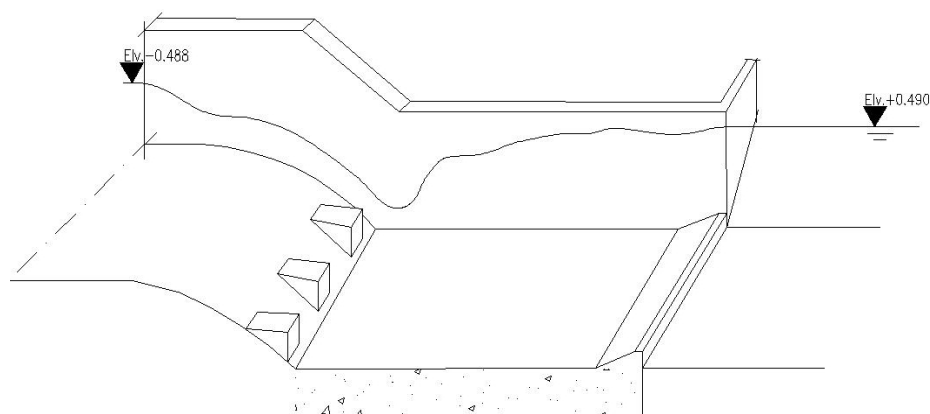
Gambar 5. Pola aliran jet dan distribusi kecepatan bangunan pembuang.

Dari gambar 4 dan 5 di atas, dapat disimpulkan energi kinetik aliran cukup kuat (aliran jet) dengan demikian akan menimbulkan permasalahan di bagian hilir. Bangunan pembuang (outlet) eksisting tidak efektif untuk meredam energi kinetik aliran yang terjadi. Diperlukan bangunan disipasi energi untuk meredam aliran buangan pada air penerima. Kondisi elevasi pasang surut di sekitar perairan memberikan pengaruh pada kondisi hidrolis khususnya kedalaman konjugasi (*depth conjugate*) dan akan berdampak pada energi yang diserap.

Tabel 2. Hasil Perhitungan parameter hidraulis dan hidrometri.

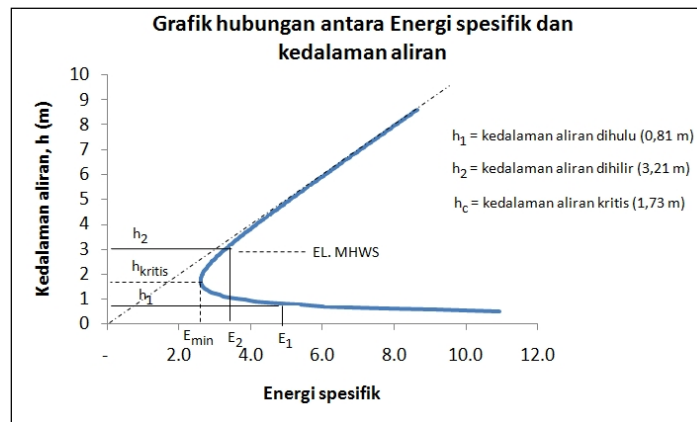
Paramater	Bangunan Pembuang		Keterangan
	Hulu	Hilir	
Sudut bukaan sayap	6,6		$< 10^\circ$
Lebar Saluran B	3,0	10,0	m
Kemiringan So	0,006		
Kedalaman air h ( <i>sequent depth</i> )	0,810	1,31	MSL
		1,8	MHWS
		0,79	MLWS
Debit Buangan Q	21,450		m <sup>3</sup> /dtk
Debit satuan lebar q	7,151		m <sup>3</sup> /dtk/m
Kecepatan aliran V	8,83		m/dtk
Kecepatan rambat pasut	0,0002		m/dtk
Bilangan Froude F	3,13		$2,5 < Fr < 4,5$
Kedalaman kritis $h_c$	1,73		m
Kecepatan rambat pasut	0,0002		m/dtk
$\Delta E$	1,32		m

Sumber :Hasil pengolahan data, 2017



Gambar 6. Bangunan disipasi USBR Type IV.

Dengan bilangan Froude yang didapatkan dari hasil olah data sebesar 3,13, hal berarti menggambarkan kondisi aliran di hulu bangunan pembuang adalah superkritis (Supercritic flow). Penggunaan bangunan disipasi USBR Type IV dapat meredam energi hingga 1,32m. Bangunan ini akan efektif untuk kedalaman koyugasi hingga elevasi laut mencapai elevasi MSL.



Gambar 7. Grafik hubungan antara energi spesifik dengan kedalaman aliran.

#### 4. KESIMPULAN

Dari pembahasan hasil penelitian dan analisis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bangunan peredam eksisting belum efektif untuk melakukan disipasi energi;
2. Dengan bilangan Froude 3,13, hal menunjukkan loncatan osilasi tidak stabil. Loncatan ini menghasilkan gelombang besar tidak teratur yang dapat berjalan ke hilir (laut), dapat mengakibatkan gerusan, diperlukan bangunan disipasi;
3. Dengan bilangan Froude  $2,5 < Fr < 4,5$  disarankan menggunakan bangunan disipasi energi (*stilling basin*) USBR Type IV adalah 1,32 m.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Badr, Lanya, 2010, A Comparative Study of Cooling System Parameters in U.S. Thermoelectric Power Plants, the Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.
- Chadwick, Andrew et al, 2006, Hydraulics In Civil And Environmental Engineering, Forth Edition, Spon Press, London.
- Chanson, Hubert, 2004, The Hydraulics of Open Channel Flow, An Introduction, Second Edition, elsevier Press, London.
- El. Wakil, M. M, 1984, Power Plant Technology, McGraw-Hill, New York.
- Novak, P et al, 2007, Hydraulic Structures. Fourth Edition, Taylor and Francis, London and New York.
- Rashwan, I M Hussein, 2013, A-jump in horizontal inverted semicircular open channels, Ain Shams Engineering Journal No 4 hal 585-589, elsevier, Egypt.
- Tillmann Baur, 2008, Location And Design Of Cooling Water Intake And Outlet Structures For Power Plants In Germany's Coastal Area, IMS Ingenieurgesellschaft mbH, Hamburg
- Yasser Shawky, 2012, Environmental and hydraulic design of thermal power plants outfalls "Case study: Banha Thermal Power Plant, Egypt", Ain Shams Engineering Journal, elsevier, Egypt.